

【新技術説明会：福岡大学】

令和02年5月14日 12:30～12:55

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

竹製ドレーン材および 液状化対策工法

福岡大学 工学部 社会デザイン工学科
教授 佐藤研一



福岡大学 工学部 社会デザイン工学科
道路・土質研究室

福岡大学

液状化被害事例



地盤支持力消失によるアパートの転倒



岸壁の裏込め土の流出による地盤沈下



基礎の水平移動に伴う柱の倒れ

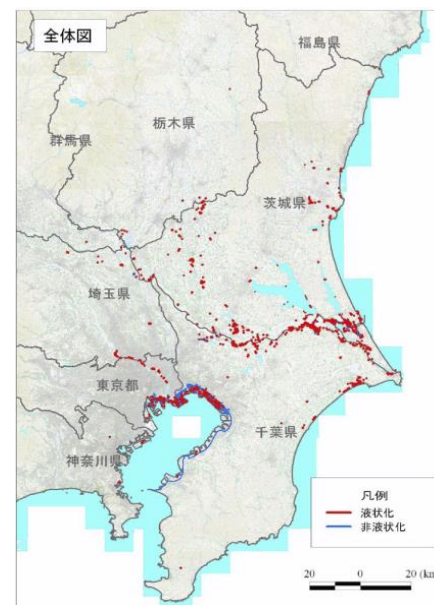


浮力による地下オイルタンクの浮上がり

研究背景 ～液状化の現状～

□過去の震災における液状化被害

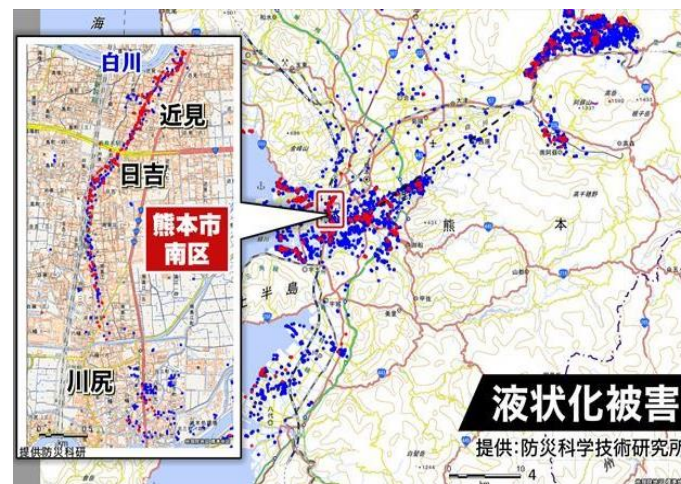
◆東北地方太平洋沖地震



約2万7,000件の液状化による宅地被害が発生

広範囲で液状化が発生

◆熊本地震



内陸部の旧河道南北約5kmに集中

□過去の震災における液状化被害

◆東北地方太平洋沖地震

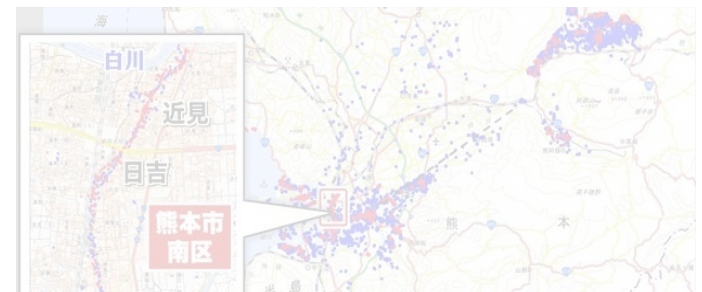


約2万7,000件の液状化による宅地被害が発生



広範囲で液状化が発生

◆熊本地震

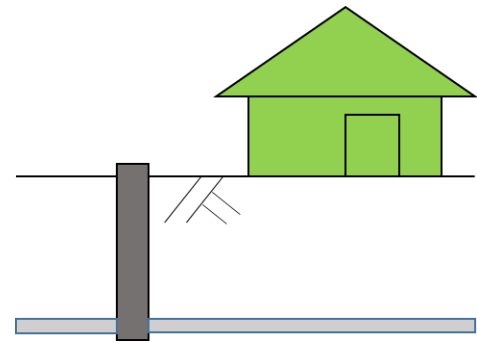


今後も同様の被害が懸念されるため

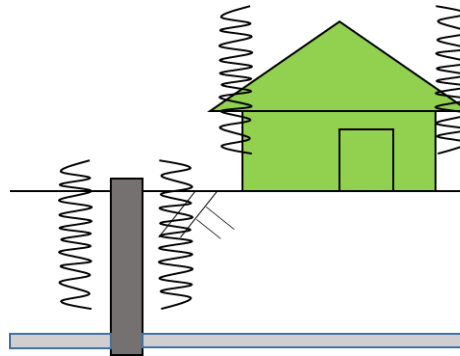
さらに液状化対策の研究を進める必要がある

液状化現象とは・・・

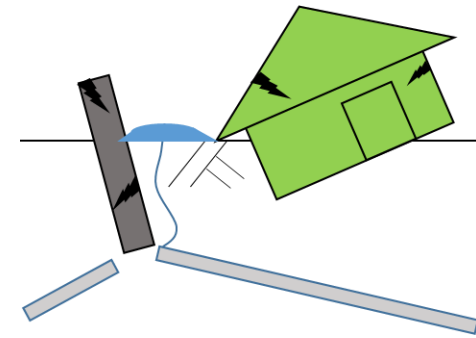
①通常時



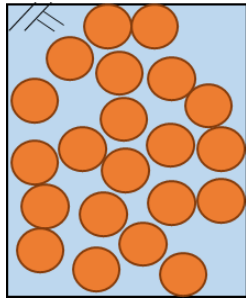
②地震時



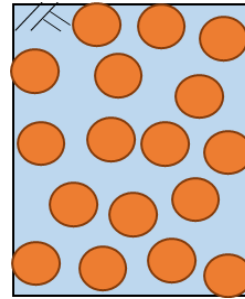
③地震後



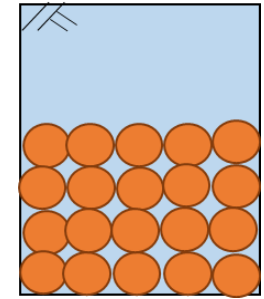
地盤の状態



○土粒子の間隙に
水が存在している



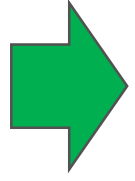
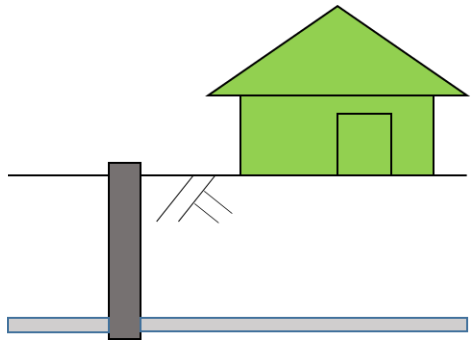
○地震により土粒子
がバラバラになる



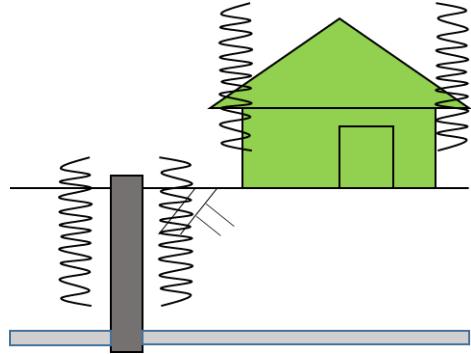
○土粒子が沈み、
水が浮上する

液状化現象とは・・・

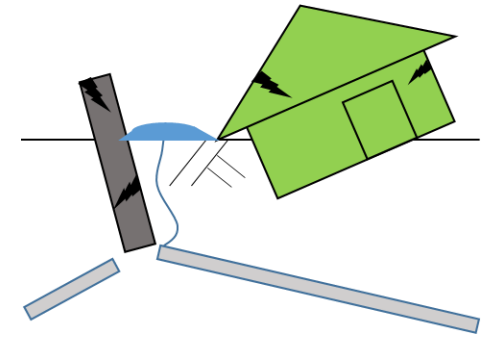
①通常時



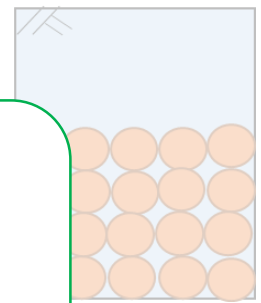
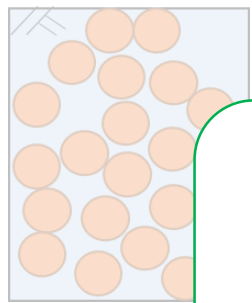
②地震時



③地震後



地盤の状態



液状化現象

○土粒子の
水が存在して

粒子が沈み、
が浮上する

□液状化対策工法

⇒従来は**締固め工法**、**固化工法**、**間隙水圧消散工法**などが用いられてきた



締固め工法
(SCP)



固化工法
(深層混合処理工法)



間隙水圧消散工法
(バーチカドレーン)

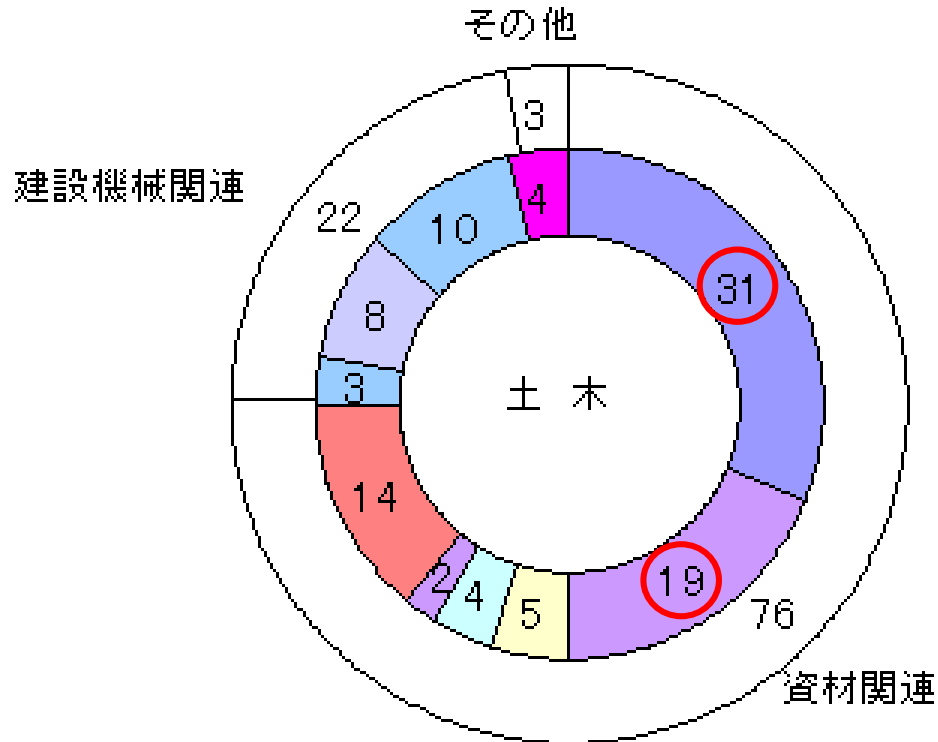
土の**密度**を大きくすることにより、**地盤の支持力**や**せん断強度**を上げ、**強固な地盤**に改良することができます

軟弱土に**セメント系・石灰系**等の**固化材・改良材**をスラリー状や粉体で**混合**し、**化学的に土の性状、強度**を改善する工法

地震時に発生した**過剰間隙水**を素早く排水し、**過剰間隙水圧**を**消散**させることで**地盤の液状化**を防ぐ工法

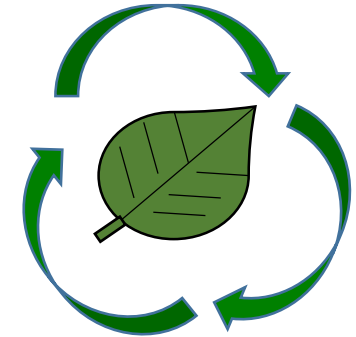
研究背景
～新しい液状化対策工法の開発～

近年、喫緊の課題である**地球温暖化問題**
⇒ **二酸化炭素排出量削減**が求められている



土木分野における
二酸化炭素排出構成比

- セメント
- 鉄鋼
- アスファルト
- 砂利・碎石
- 窯業・土石
- その他資材
- 建設機械
- 運搬
- 燃料
- その他



循環型社会の
実現に向けて

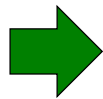
セメントや**鉄鋼**の**代替材**として
自然素材を用いた**対策工法**の
開発が求められている

研究背景

～自然素材を用いた液状化対策工法(既存工法)～

地球温暖化緩和

林業再生



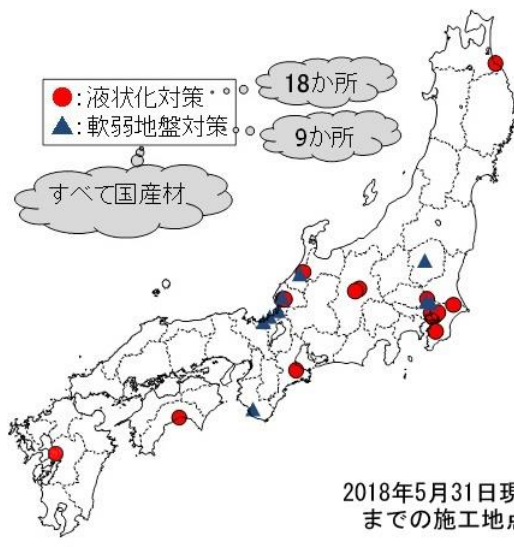
丸太打設による
液状化対策の開発

丸太打設液状化対策工法



出典:兼松サステック株式会社HP

- ・**密度増大**が対策原理
- ・間伐材の利用が可能
- ・**CO₂排出量の削減**
- ・木材利用の活性化

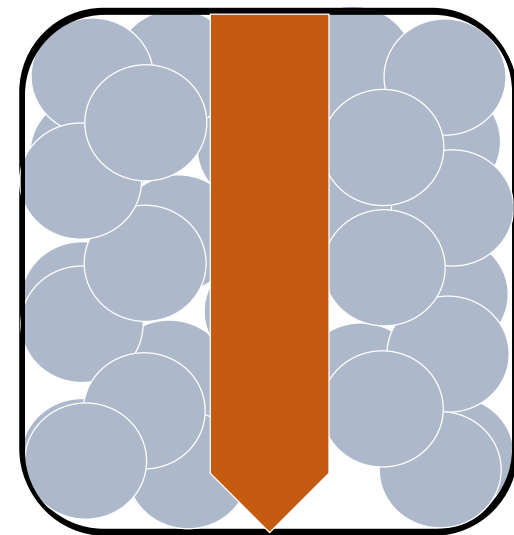


出典:飛鳥建設株式会社HP

既に多くの**実施工実績**
をあげている

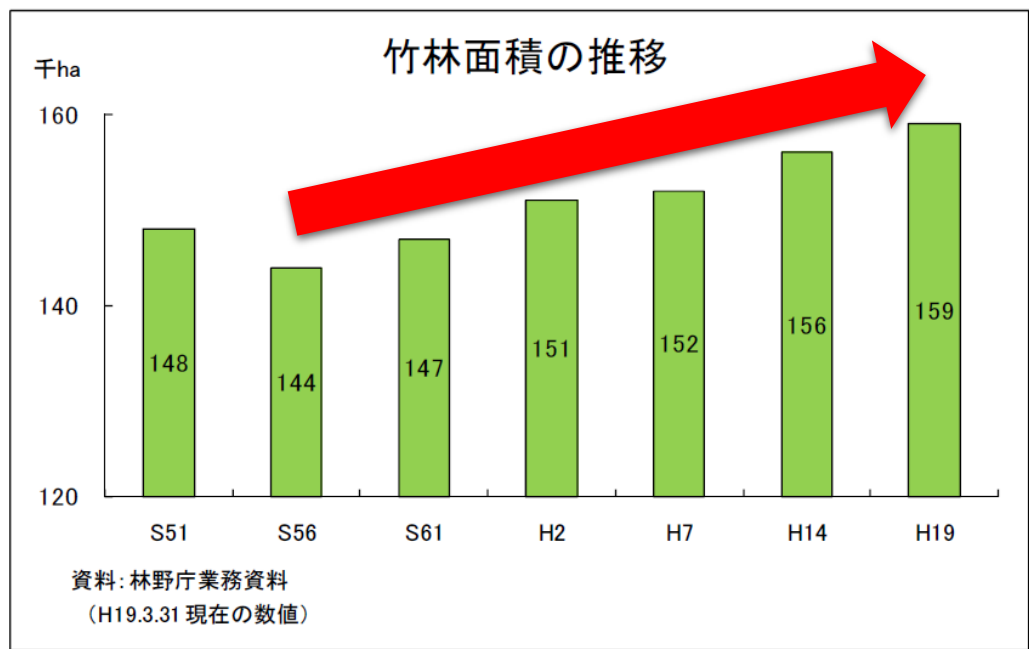
密度増大原理

丸太の体積分砂が
押しのけられ地盤が
密になる原理



密度増大イメージ

非常に繁殖力が強いため定期的な伐採が必要

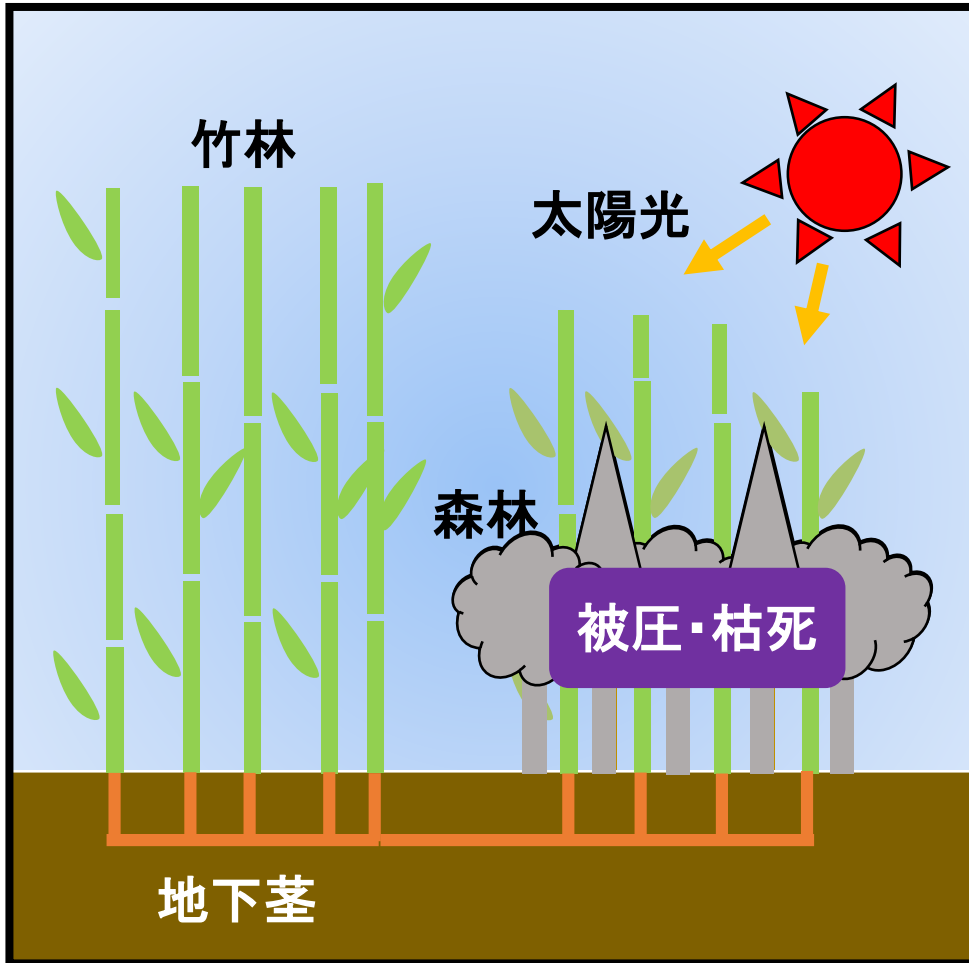


竹林面積の多い都道府県

順位	都道府県	面積(千ha)	竹林面積(%)
1	鹿児島	16	2.7
2	大分	13	3.0
3	山口	12	2.8
4	福岡	12	5.4
5	熊本	11	2.3
6	島根	10	1.9
7	千葉	6	3.8
8	京都	6	1.6
9	岡山	5	1.1
10	宮崎	5	0.8
全国平均			0.6

資料: 林野庁業務資料 (H19.3.31現在の数値)

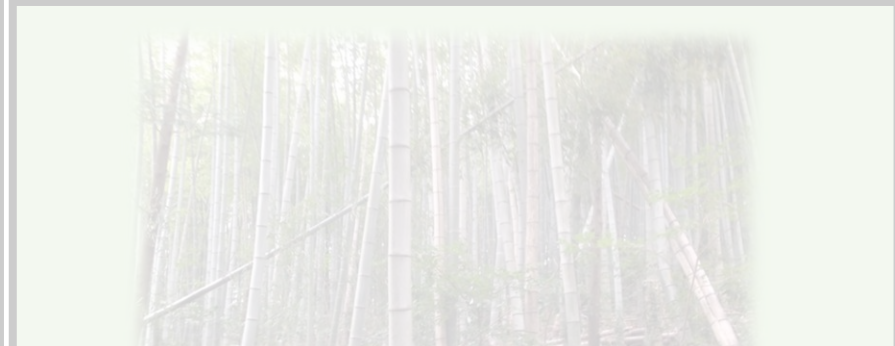
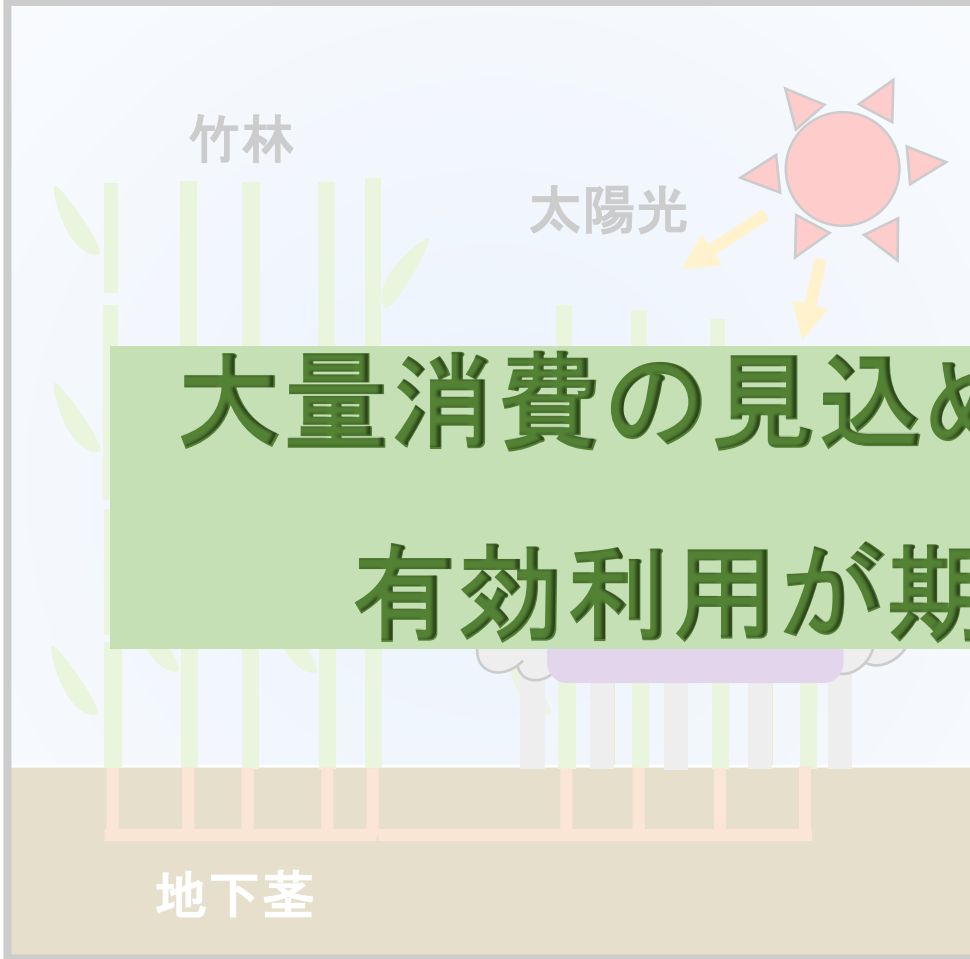
□竹林面積は年々増加傾向にある⇒放置された竹林は約9万ha (全体の約6割)



- ・ 二酸化炭素吸収の低下
- ・ 生物多様性の低下
- ・ 水源涵養機能の低下
- ・ 森林減少を招く
- ・ 土砂災害・斜面崩壊につながる

毎年伸びる地下茎で森林内に侵入し、侵入した竹は光を遮り、樹高の低い樹木を被圧・枯死させ、周囲を竹林化させる⇒定期的な伐採と伐採後の有効利用

□竹林面積は年々増加傾向にある⇒放置された竹林は約9万ha (全体の約6割)



大量消費の見込める土木分野での 有効利用が期待されている

- ・水源涵養機能の低下
- ・森林減少を招く
- ・土砂災害・斜面崩壊につながる

毎年伸びる地下茎で森林内に侵入し、侵入した竹は光を遮り、樹高の低い樹木を被圧・枯死させ、周囲を竹林化させる⇒定期的な伐採と伐採後の有効利用

開発目的

～竹を用いた液状化対策工法の提案～

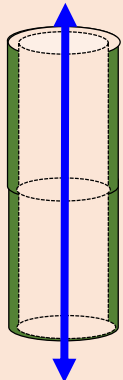
□竹の優位性(丸太と比較して) 成長が早い！

⇒本数管理ができている限り毎年継続的に同量生産、供給が可能

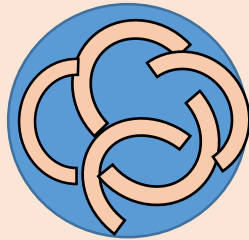
⇒弾力性・曲げ剛性・割裂性が大きいいため加工しやすい

竹の構造に着目すると

ドレーン材としての可能性



竹の中空構造の利用



竹を半分に割って
束ねて空洞を作る

しなりの利用



竹

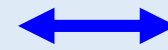
小

木杭



大

剛性



密度増大に加え**排水機能**をもたせた液状化対策杭として利用

福岡大学工学部社会デザイン工学科

道路土質研究室での取り組み

小型土槽を用いた液状化模型実験

①無対策地盤による検討

○豊浦砂による検討: 中密度($D_r=60\%$)にて無対策砂地盤の液状化現象の確認

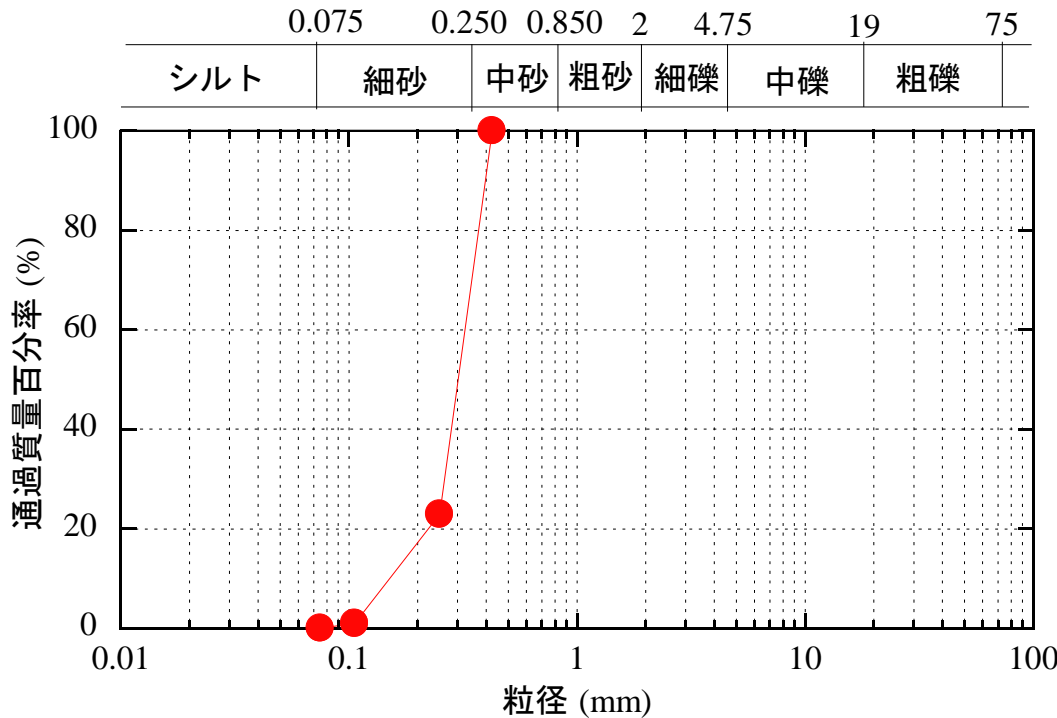
②モデル杭を用いた液状化対策地盤による検討

○モデル杭による検討: 4種類のモデル杭による対策砂地盤の液状化現象の確認

③今後の展開

✓ 豊浦珪砂の物理特性

土質試料	土粒子密度	最大間隙比	最大間隙比	塑性指数
	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	e_{max}	e_{min}	I_p
豊浦珪砂	2.652	0.902	0.655	N.P



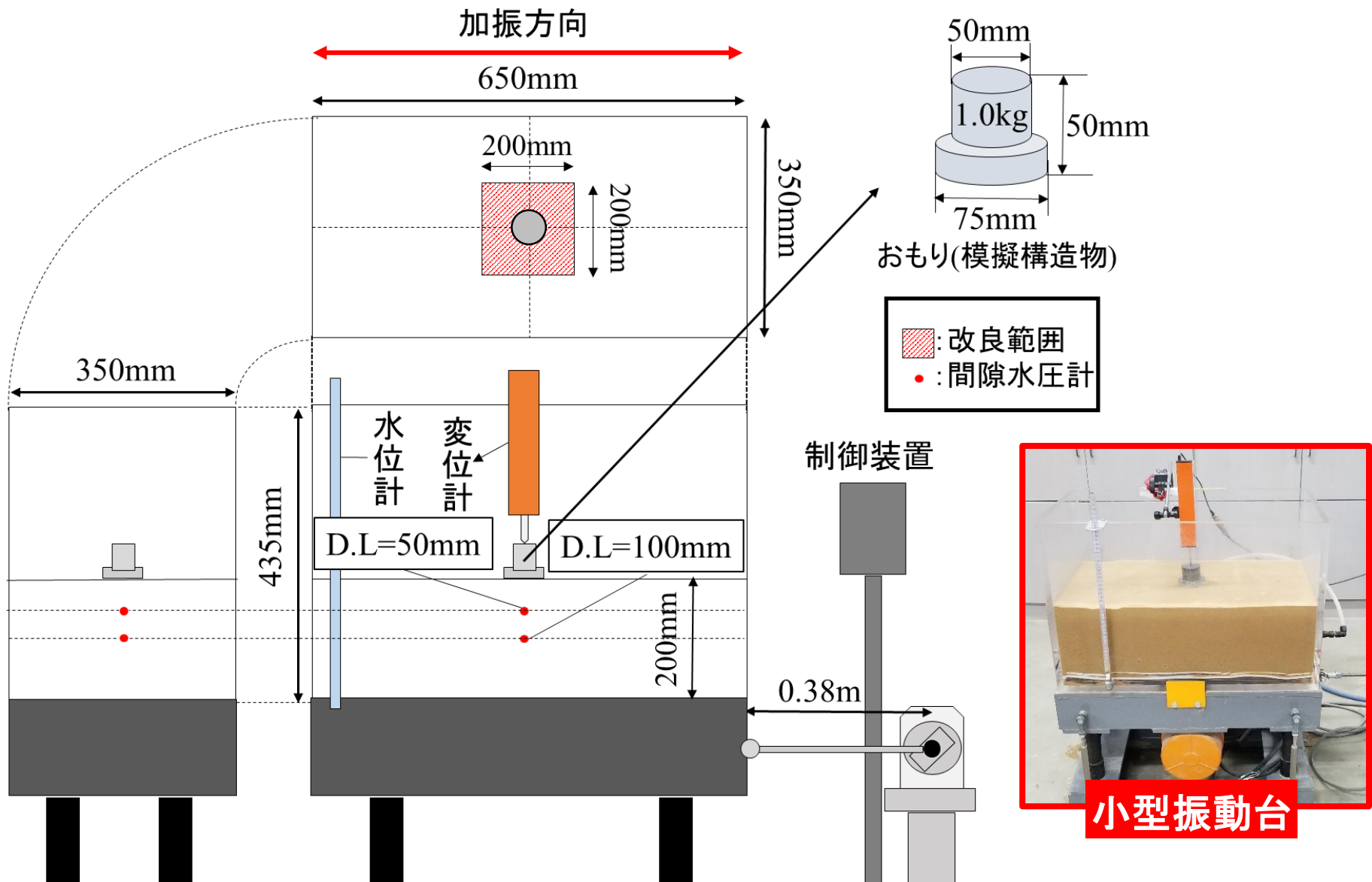
✓ 豊浦珪砂の粒径加積曲線

単一粒径であるため
液状化実験でよく用いられる

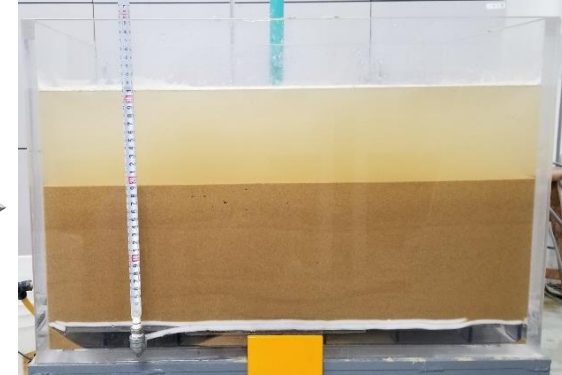
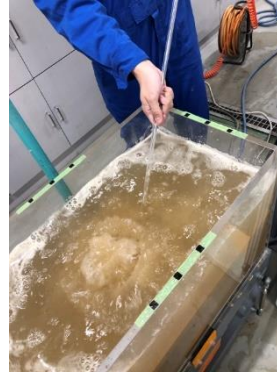
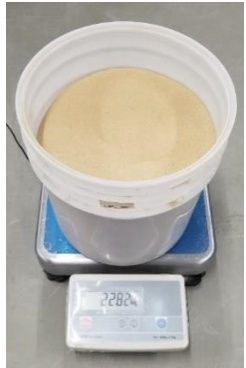


写真-豊浦珪砂

● 模型土槽の概要



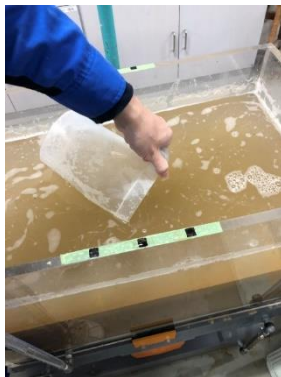
●模型土槽の概要



- ①試料の計量 ②土槽に試料投入及び ③土槽内を攪拌 ④砂を自然沈殿

間隙水圧計の設置
(水中落下法)

※目標相対密度より小さい場合
微小加振を与え密度を調整



+





地表面
(200mm)
に設定

- ⑤上澄み液を排水 ⑥ホースから排水 ⑦地下水位を設定

●液状化対策に用いたモデル杭

表 モデル杭の形態及び寸法

杭の種類	杭の形態及び寸法
木杭	
竹杭	
チューブ①	
チューブ②	

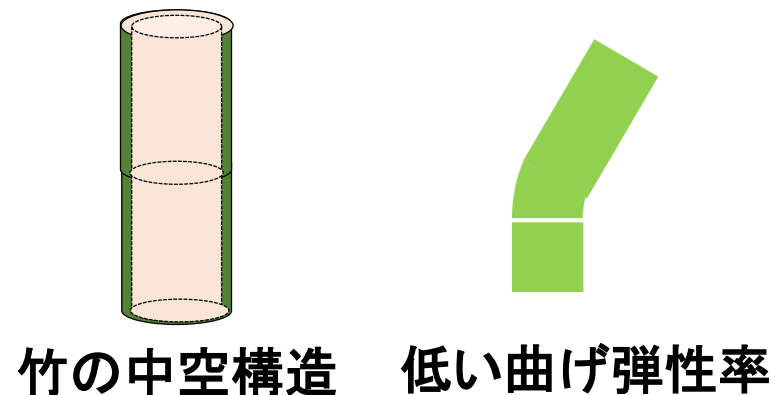
各モデル杭の材質の曲げ弾性率

杭の材質	曲げ弾性率
木材(スギ)	7.50GPa
竹杭(モウソウチク)	6.50GPa
フッ素チューブ	1.99GPa
シリコンチューブ	1.63GPa

ドレーン材としての
役割に期待

実験条件


相対密度 Dr(%)	打設本数 (本)	加速度 (gal)	杭の種類
60	9	100	木杭
			竹杭
80			チューブ①
			チューブ②



◎実験概要

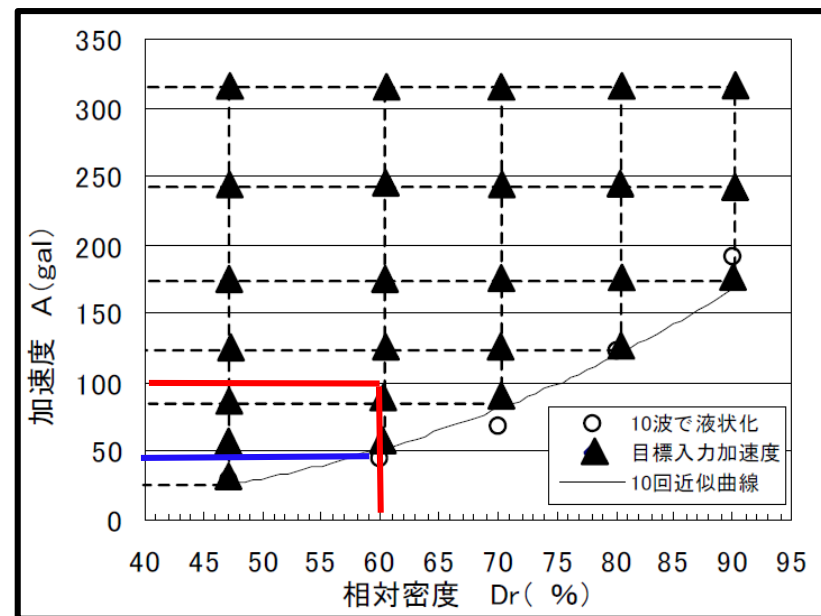
●液状化対策に用いたモデル杭

表 モデル杭の形態及び寸法

杭の種類	杭の形態及び寸法
木杭	150mm 
竹杭	
チューブ①	
チューブ②	

実験条件

相対密度 Dr(%)	打設本数 (本)	加速度 (gal)	杭の種類
60	9	100	木杭
			竹杭
80			チューブ①
			チューブ②

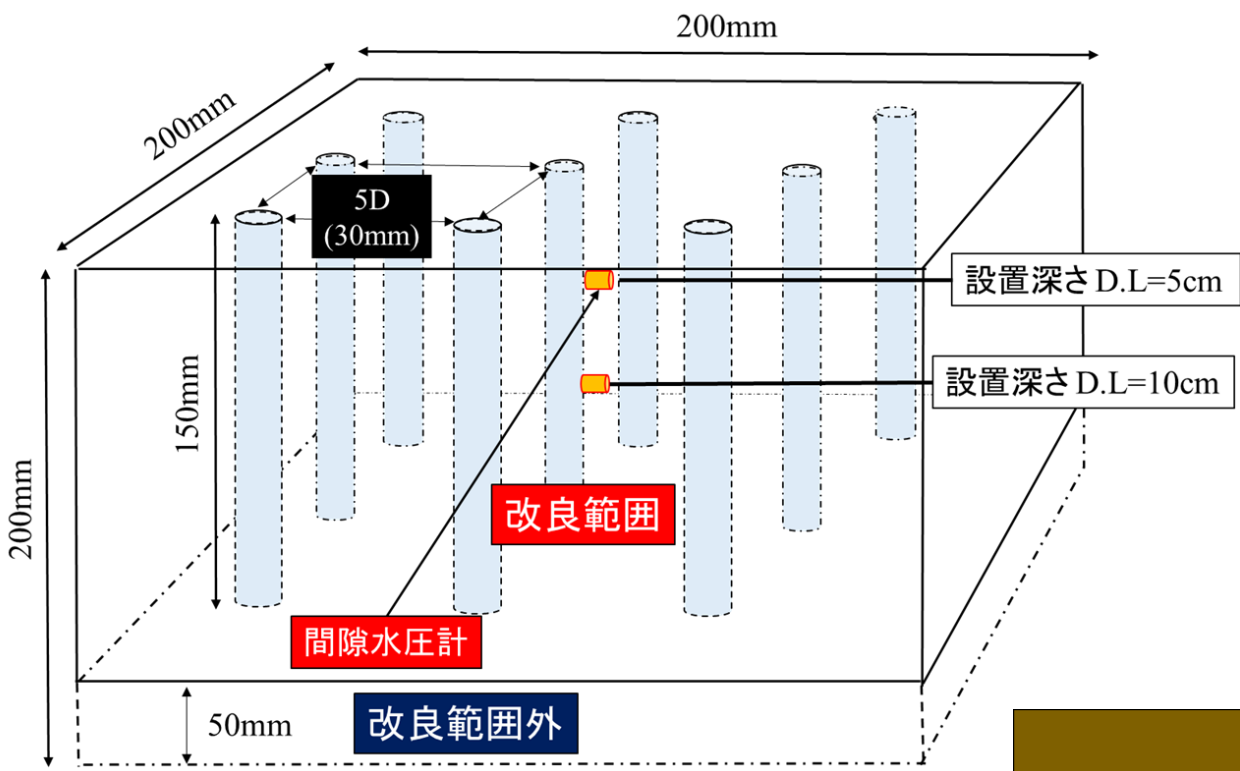


相対密度と加速度との関係

相対密度60%の地盤においては、
加速度100galでは、10波以下で
液状化する

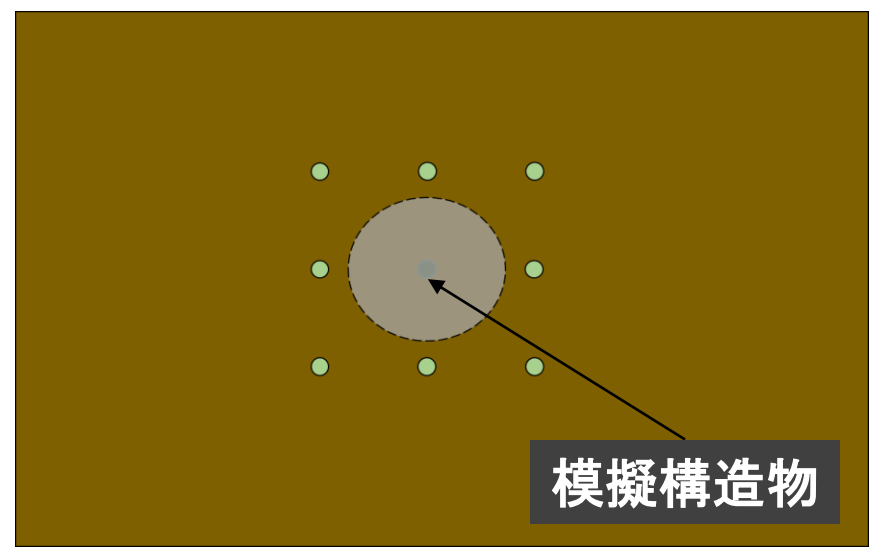
出典：山下ら：地盤の密度が液状化による浮上りに与える影響 土木学会第56回年次学術講演会

改良範囲 杭の設置位置



改良範囲の拡大図

上面図



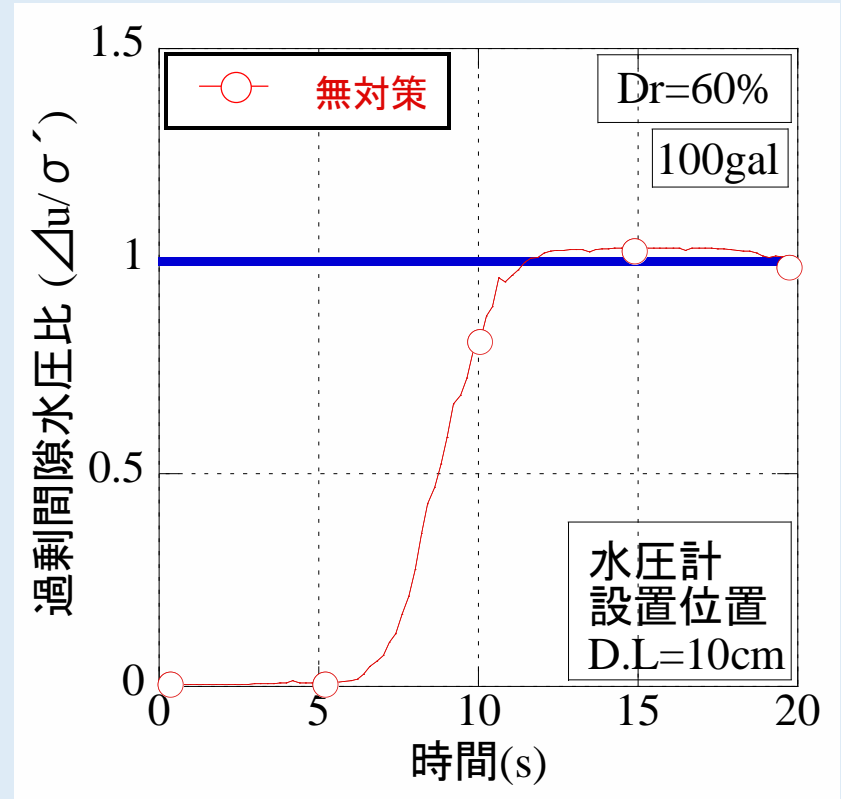
①無対策地盤

Dr=60%

無対策



実験時の様子



過剰間隙水圧比の時刻歴

相対密度60%の無対策地盤では、過剰間隙水圧の急な上昇から
過剰間隙水圧比が**1.0**に達している

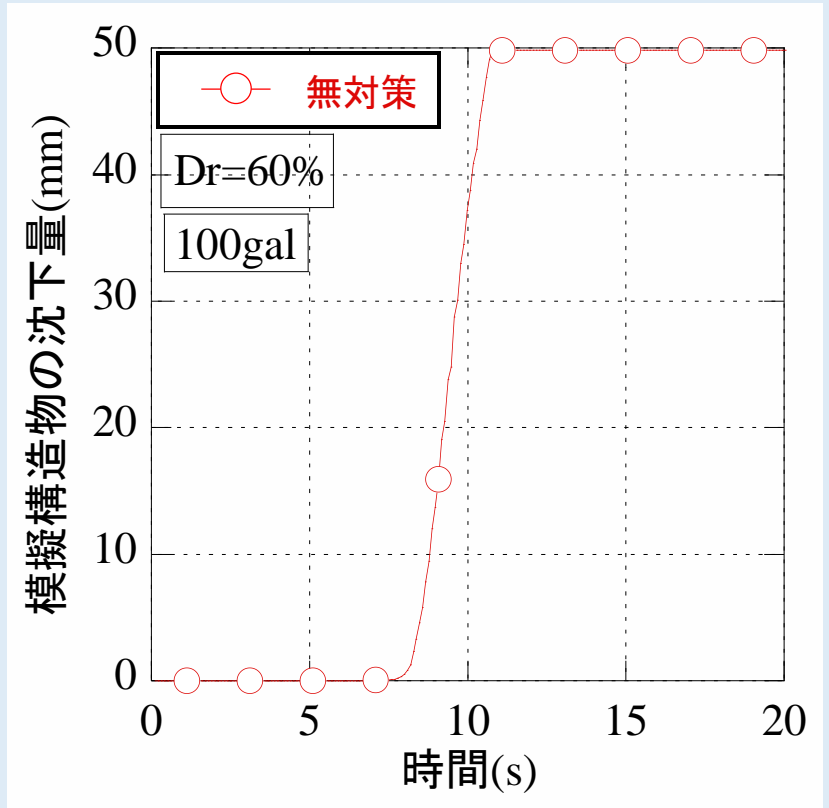
①無対策地盤

Dr=60%

無対策



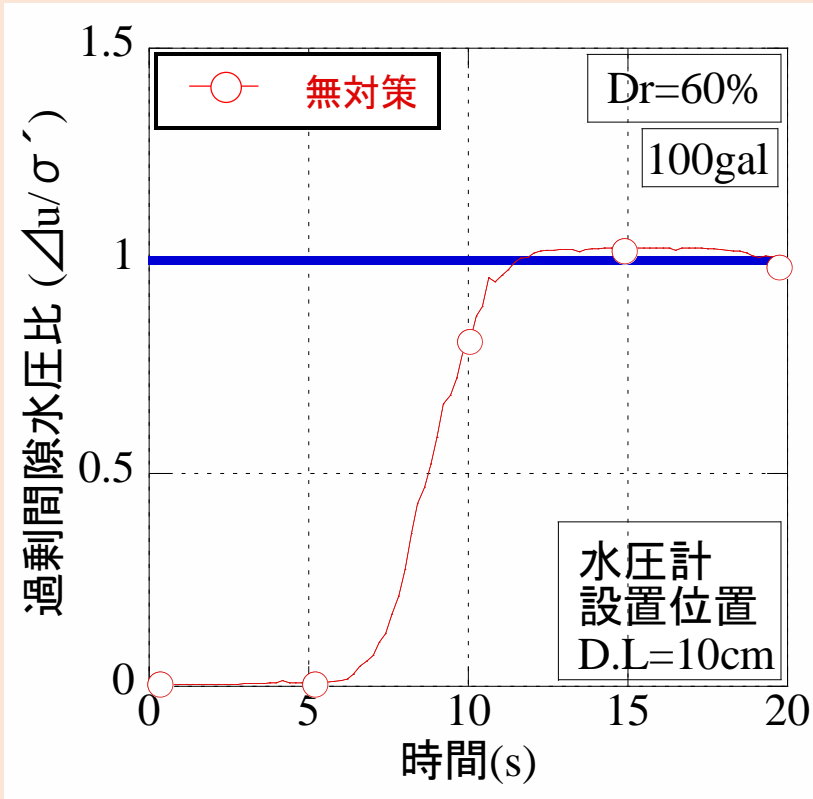
実験時の様子



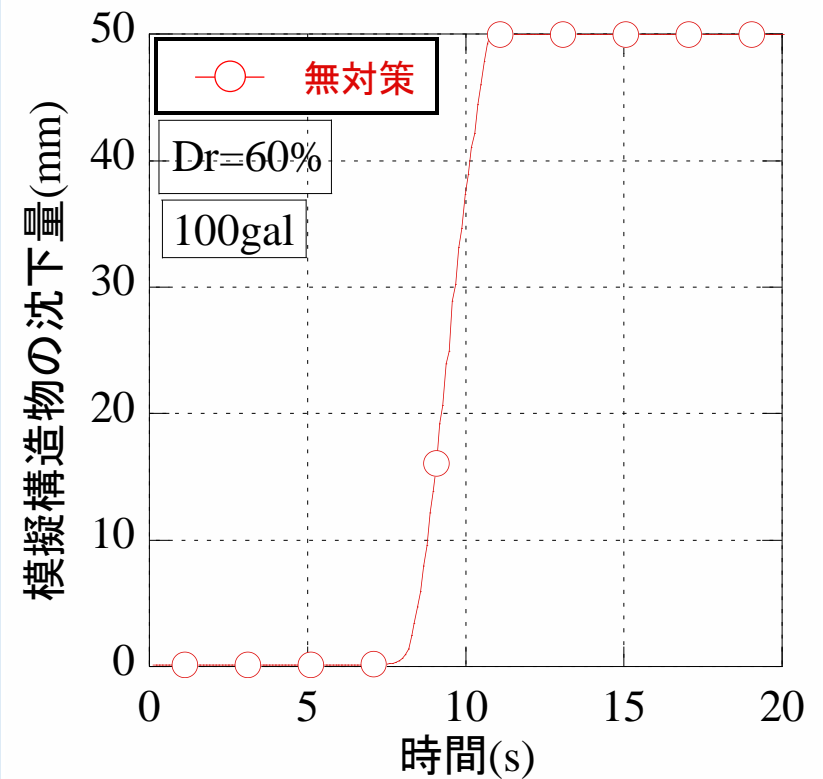
模擬構造物の沈下量

模擬構造物が土中に沈み込むまでの大きな沈下を示した

①無対策地盤



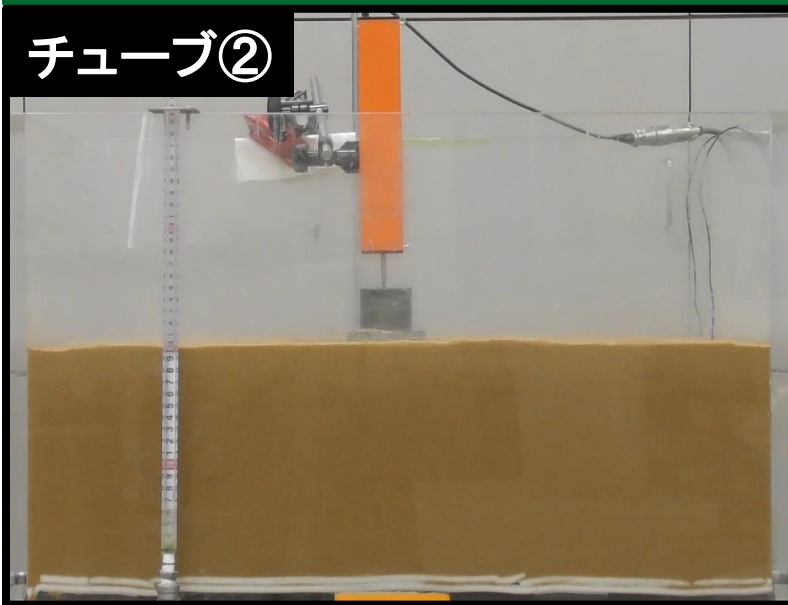
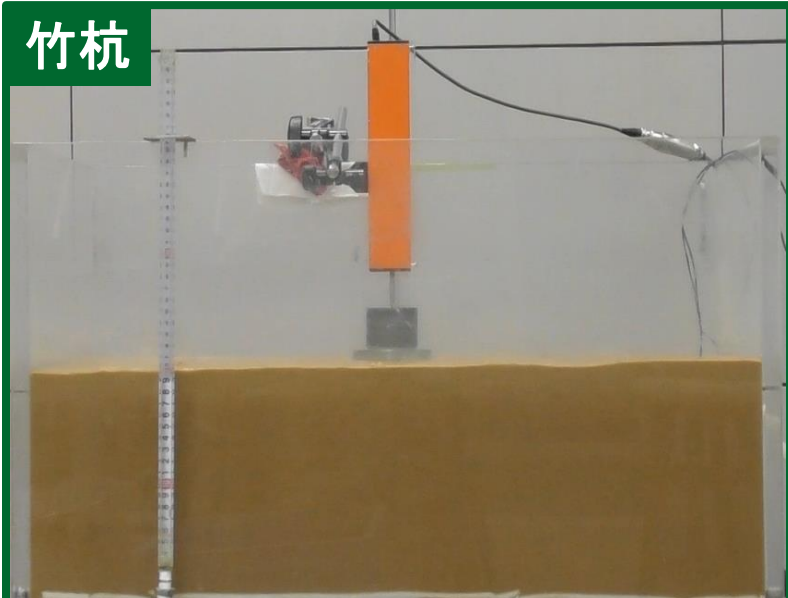
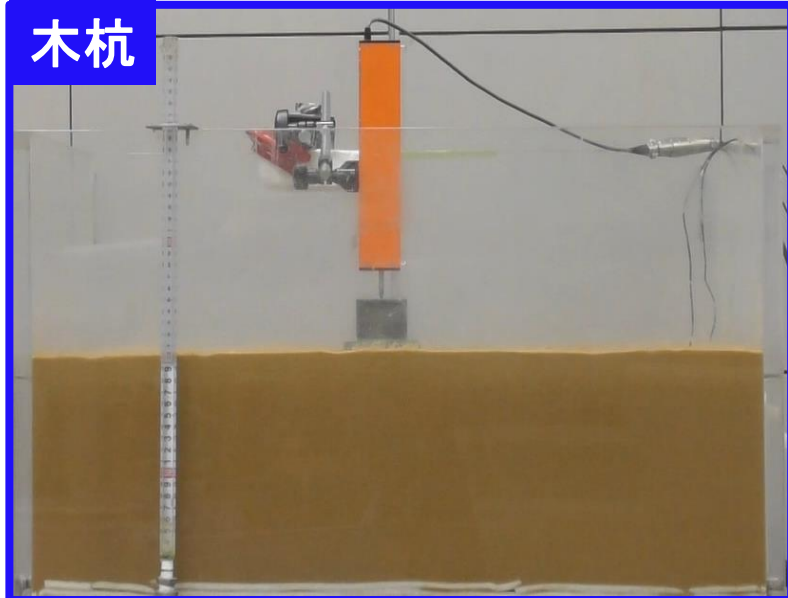
過剰間隙水圧比の時刻歴



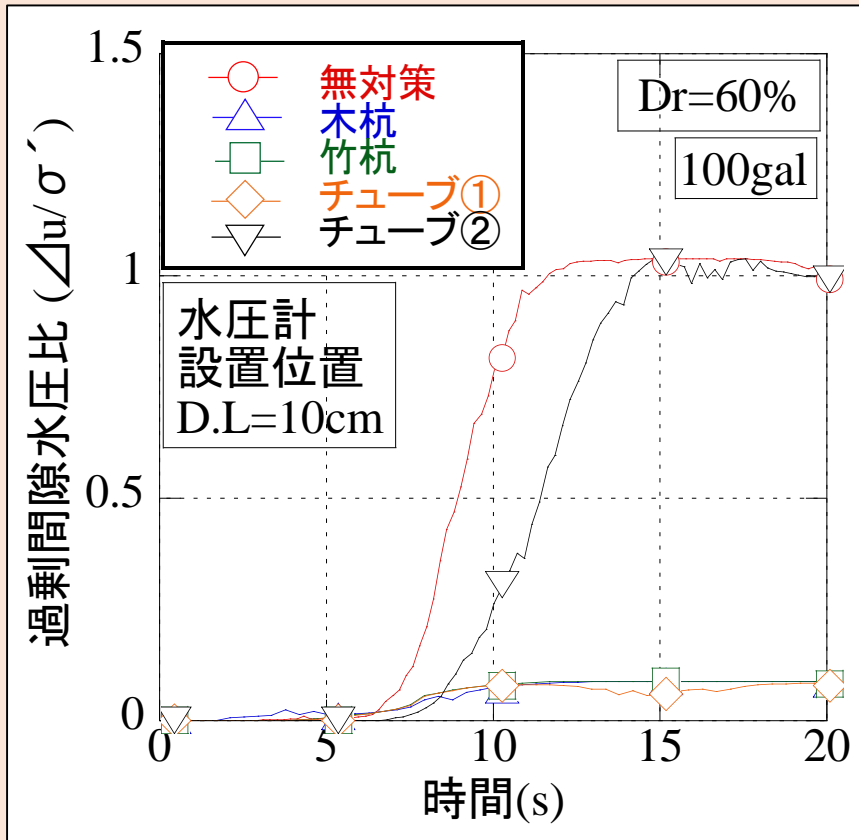
模擬構造物の沈下量

**Dr=60%の無対策地盤では、加速度100galの加振波を与えたとき
液状化が確認できた。**

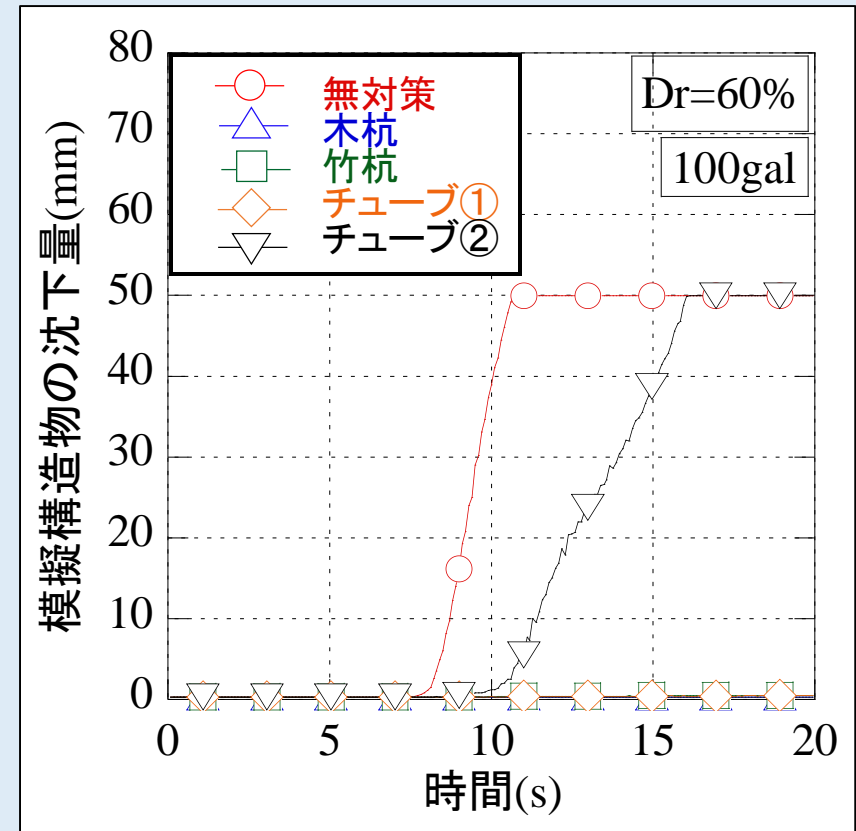
②モデル杭による対策地盤



②モデル杭による対策地盤



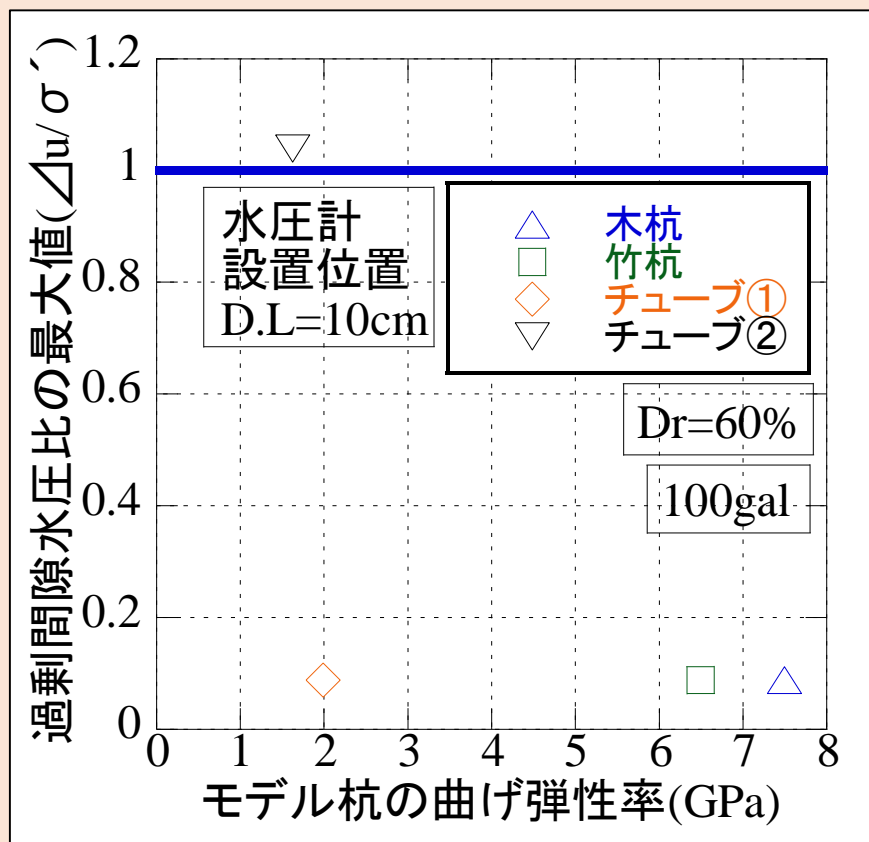
過剰間隙水圧比の時刻歴



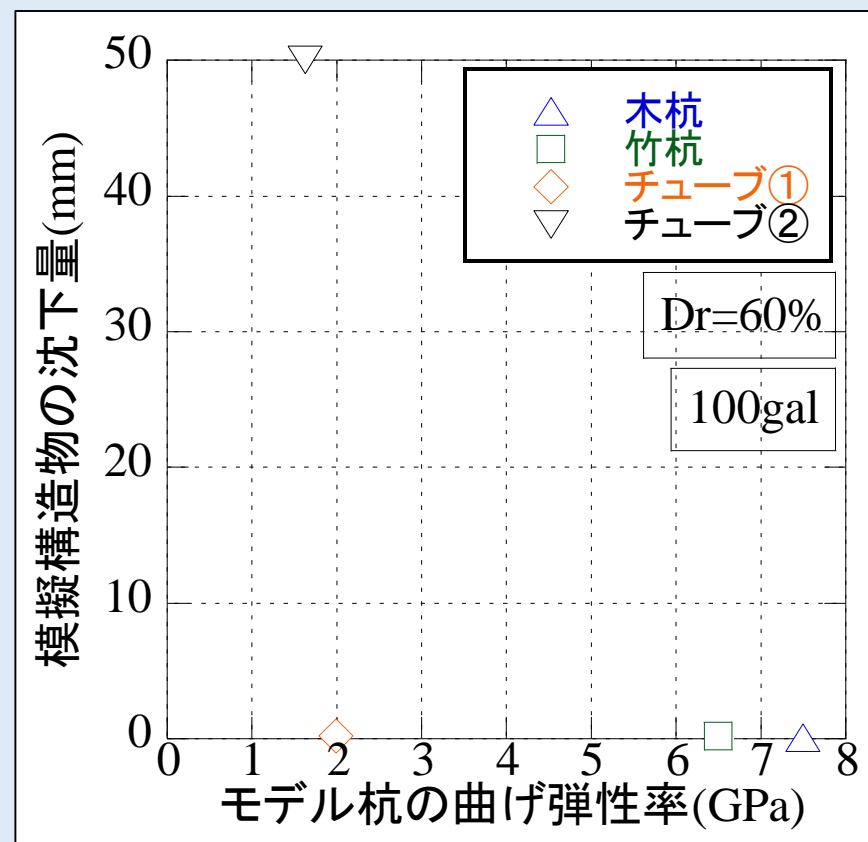
模擬構造物の沈下量

- ・**無対策**と比べ、**木杭**と**竹杭**と**チューブ①**は、過剰間隙水圧と模擬構造物の沈下が大きく抑制されている→液状化対策効果が発揮された
- ・**チューブ②**は、無対策と同様に過剰間隙水圧比が**1.0**に達し、模擬構造物も土中に沈み込むまでの大きな沈下を示した

②モデル杭による対策地盤-考察



過剰間隙水圧比

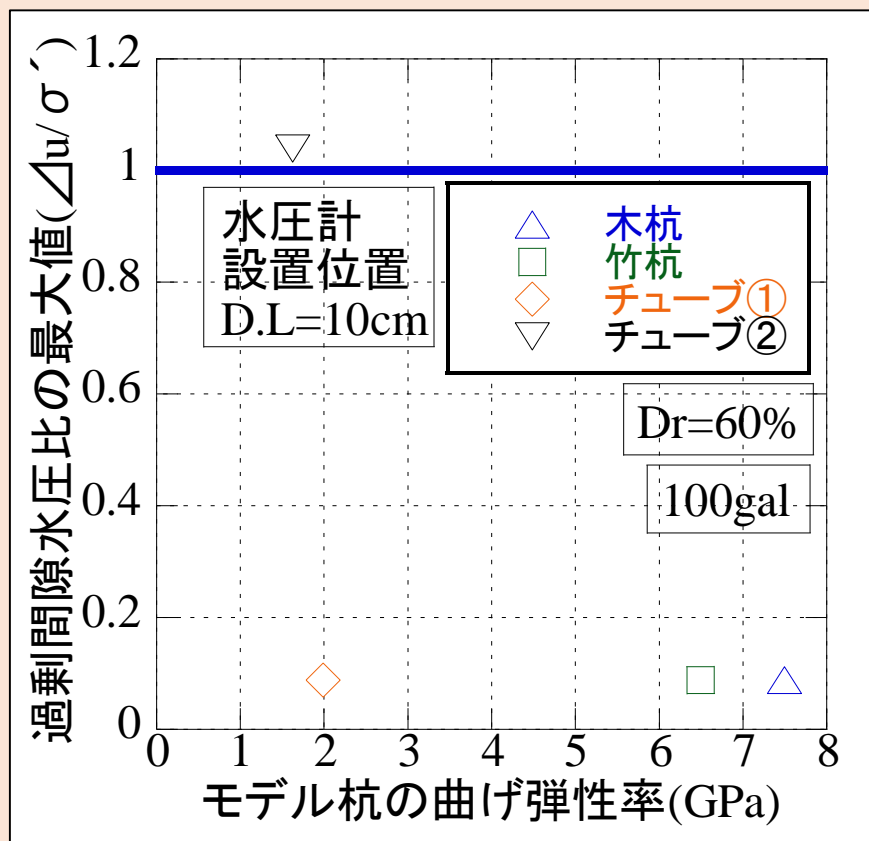


模擬構造物の沈下量

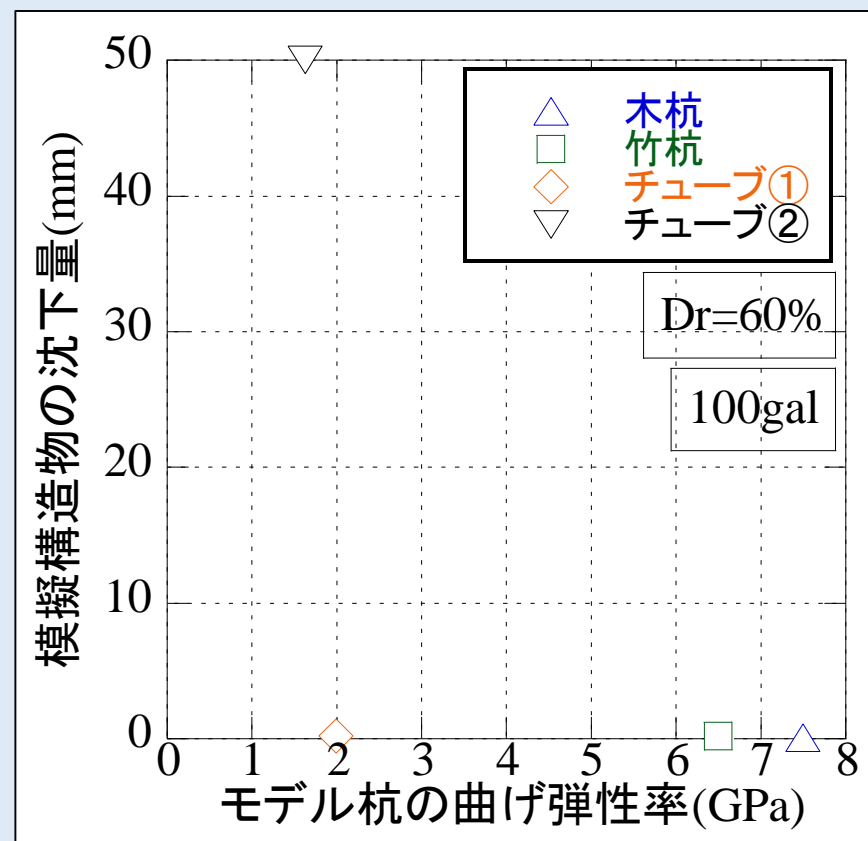
各液状化指標と杭の曲げ弾性率の関係

- ・杭の剛性の違いに着目すると曲げ弾性率の高い木杭と竹杭は、同程度の高い液状化対策効果を示した→打設による密度増加に加え、複合地盤としての杭の高い曲げ剛性によるせん断抵抗の増加が示唆される

②対策地盤-考察



過剰間隙水圧比

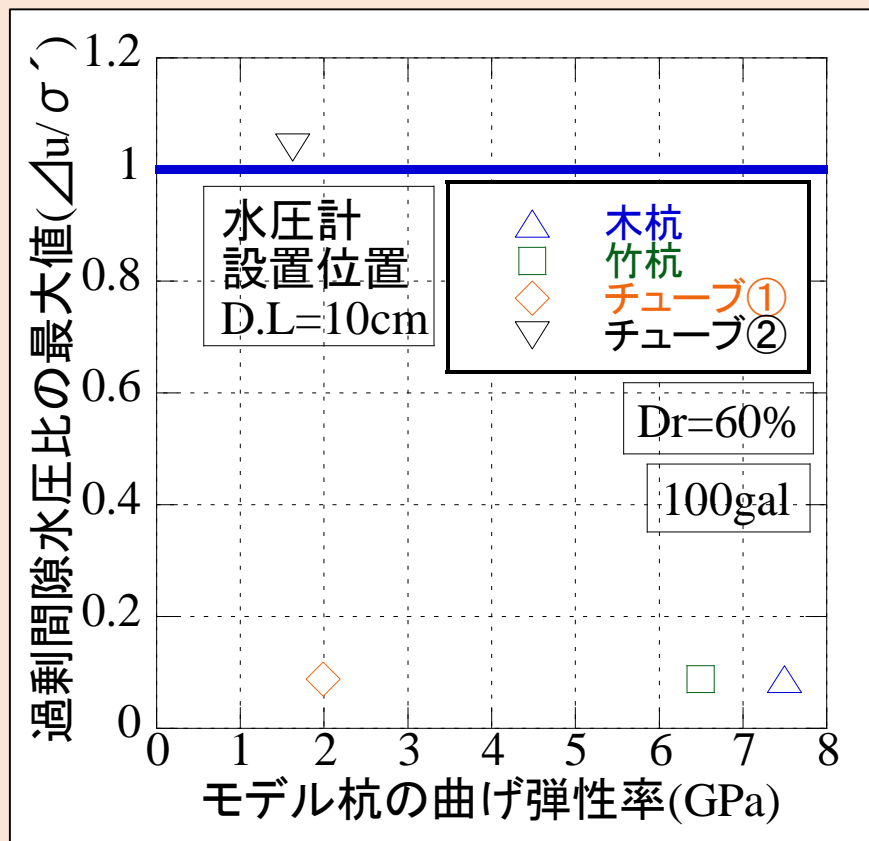


模擬構造物の沈下量

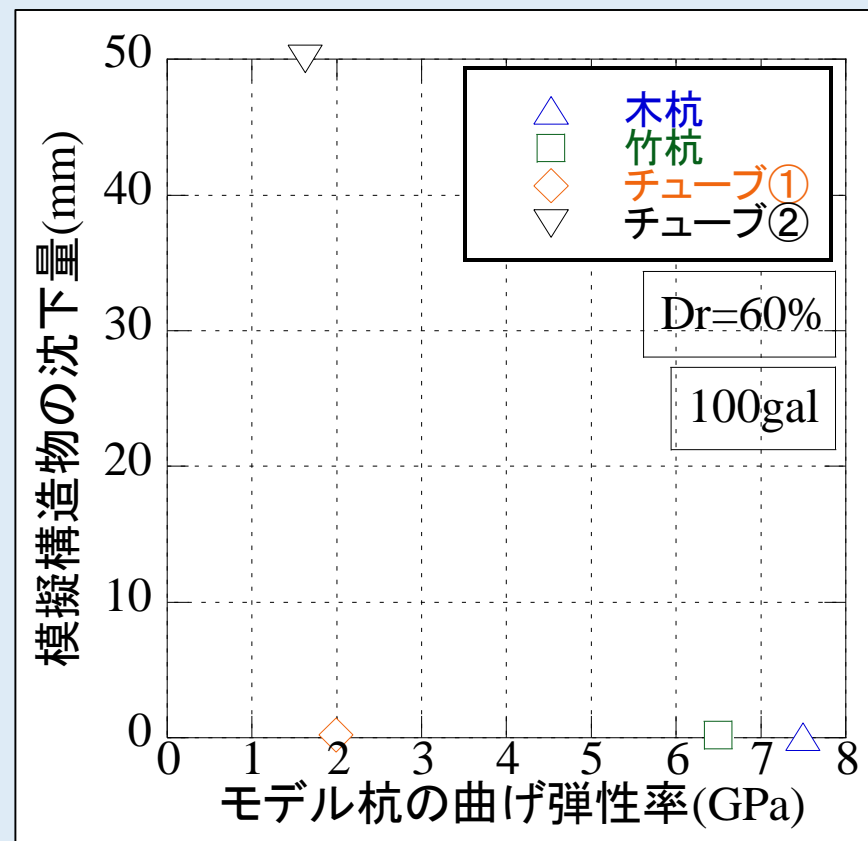
各液状化指標と杭の曲げ弾性率の関係

- ・**チューブ①**は、**木杭**と**竹杭**に比べ、曲げ弾性率が大幅に低いにも関わらず**木杭**と**竹杭**と同程度の**高い液状化対策効果**を示した
→ドレーン材としての機能が働いたと考える

②モデル杭による対策地盤-考察



過剰間隙水圧比



模擬構造物の沈下量

各液状化指標と杭の曲げ弾性率の関係

・チューブ②は、いずれのモデル杭より曲げ弾性率が低く、低い液状化対策効果を示した

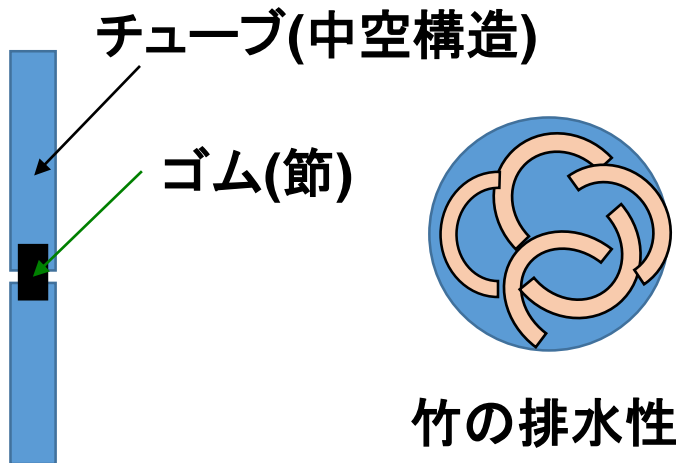
→曲げ弾性率が過剰に低いと液状化対策効果は発揮されないことが示唆された

③今後の展開

①竹のしなりや排水性の検討

新しい竹のモデル杭を作製

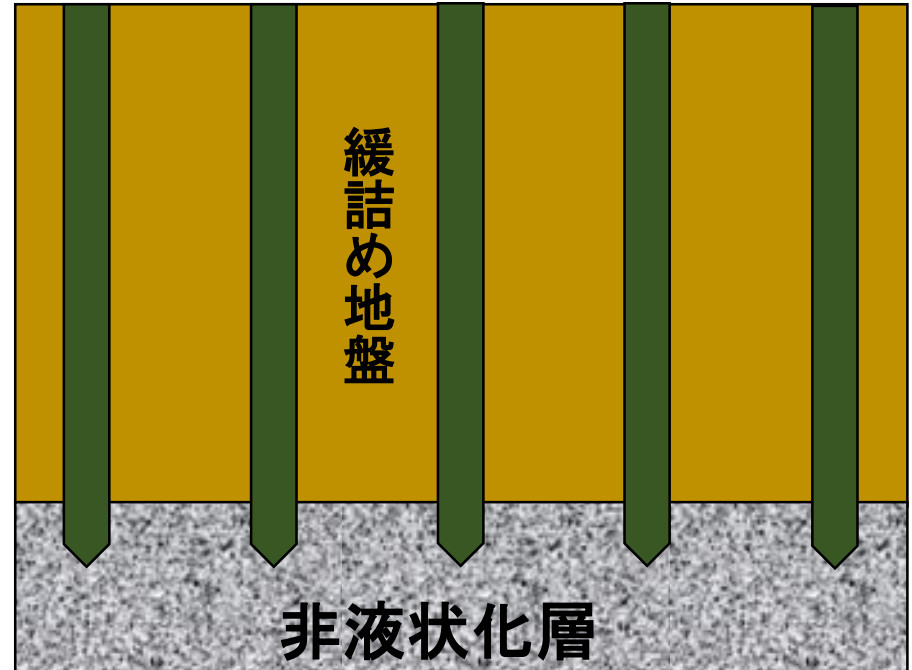
チューブで竹の中空構造を再現し
ゴム栓のようなもので竹の節と
竹のしなりを再現や竹束による
排水効果の確認



竹のしなり

各種竹のモデル杭の検討

②竹杭設置位置の工夫



緩詰め地盤の下部に非液状化層
を設置し、非液状化層に杭を打設
⇒杭打設による地盤拘束効果を表現

ご静聴ありがとうございました。

発明者：教授 佐藤 研一(工学部)

TEL : 092-871-6631 (内線6464)

FAX : 092-865-6031

e-mail : sato@fukuoka-u.ac.jp

携 帯 : 090-5384-7784

本件の問い合わせ先：福岡大学

TEL : 092-871-6631 (内線2832, 2833)

e-mail : sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp



福岡大学 工学部 社会デザイン工学科
道路・土質研究室